ISSN 1017-0863

農業部農業試驗所

技術服務 季刊

2024年3月
第35卷第1期

137
Vol.35 NO.1

多元創新的育種科技－三大經典雜糧作物引領未來

番茄'台農2號(糖馨)'之育成

設施小果番茄高溫下生長障礙與調適策略

輸日芒果供果園用藥建議

農村水圳應用水輪式微水力發電機初探

Technical Service Quarterly Bulletin
Taiwan Agricultural Research Institute

農業部農業試驗所技術服務季刊

Taiwan Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture, Technical Service Quarterly Bulletin. (Tech. Serv. Q. Bull. TARI)

第35卷第1期

中華民國113年3月出版

農業科研創新與加值的領航者
產業全方位技術方案的提供者

封面說明：本所作物組自民國104年開始，以蒐集之番茄種原，經後代分離、自交純化，選育出具高糖度果實、且在高溫環境下可自然著果之優良自交系；歷經雜交組合、區域試驗、病害接種檢定，於民國111年命名為番茄「台農2號」，商品名稱：糖馨。(詳情請見本期第5頁)。
◎圖/文　作物組 康樂

農業部農業試驗所技術服務季刊
出 版 者/農業部農業試驗所
創刊年月/民國79年3月
發 行 人：林學詩
總 編 輯：陳淑佩、呂椿棠
執行編輯：黃淑華
地　　址：台中市霧峰區中正路189號
網　　址：https://www.tari.gov.tw
電　　話：04-23302301~5
農民服務專線：04-23317456
技術服務季刊電子書：■本所學術典藏系統
■HyRead電子書平台
政府出版品展售門市：
■國家書店松江門市：台北市中山區松江路209號1樓　電話：(02)2518-0207
■五南文化廣場台中總店：台中市西區台灣大道二段85號　電話：(04)2226-0330
■五南政府出版品物流中心：台中市北屯區軍福七路600號　電話：(04)2437-8010
政府出版品網路門市：
國家書店網路書店：https://www.govbooks.com.tw
五南文化廣場網路書店：https://www.wunanbooks.com.tw

版權所有、轉載須經本所同意

定　　價：NT 50 元
GPN：2007900008
ISSN：1017-0863　　NT$50
承 印 者：農世股份有限公司
台中市漢口路3段55巷21號　04-22932036

目錄 Contents

農藝作物

■多元創新的育種科技－三大經典雜糧作物引領未來
林毓雯 劉滄棽 林文凮 林詒悅 1

園藝作物

■番茄‘台農2號 (糖馨)’之育成
康樂 5

■設施小果番茄高溫下生長障礙與調適策略
蔡瑋如 張庚鵬 吳錫家 高唯峻 9

植物保護

■輸日芒果供果園用藥建議
賴信順 13

農業化學

■利用RothC模式進行土壤有機碳固存潛力時空變化分析-以濁水溪流域為例
許健輝 顏淳阡 劉滄棽 18

農業機械

■農村水圳應用水輪式微水力發電機初探
曾祥恩 蘇文瑞 楊智凱 24

新聞訊息

■草莓溫室採用數據驅動決策 生產安全果實
.... 29

農試所官網　　農試所學術典藏　　農試所臉書粉絲團

多元創新的育種科技 －三大經典雜糧作物引領未來

農試所農化組 林毓雯 劉滄棽

台灣農業科技資源運籌管理學會 林文風 林詒悅

一、前言

台灣農業的蓬勃發展，不僅體現於農產品的多樣性，更凸顯在育種研究傑出表現。近幾十年來在這片土地上，見證了甘藷台農57號、落花生臺南14號和毛豆高雄9號等三個雜糧作物育成品種的成功案例，顯示我國農業科技在育種研究上的豐碩成果，也指引了未來的雜糧育種研發方向。藉由這些標竿案例成功要素的深入剖析，能夠更全面地了解台灣農業的優勢，為雜糧育種研究提供更多開創性思維，奠定全球糧食產業競爭更加穩固的基礎。

二、甘藷台農57號 (圖一)

(一) 鮮食加工皆宜，具難以取代的性狀優勢

台灣光復初期，甘藷選育的目標為豐產、高澱粉及高營養，甘藷主要作為飼料及製粉用，自1940 年代開始，國人逐漸注重甘藷食味品質，因此育種目標也轉為鮮食用及食品加工用為主，重視品質勝於產量。農試所嘉義農業試驗分所（簡稱嘉義分所）於民國44年育成「甘藷台農57號」，推廣至今是全台種植面積最廣、接受度最高，且品質最穩定的品種。台農57號肉色橙黃，收穫藷形一致，同時具有粉質與泥質之特性，食味佳，適合蒸煮、烘烤，近年來更有冰藷、甘藷蜜餞、甘藷粉、甘藷麵條、地瓜酥及甘藷飲品等多樣化產品，並且透過和超商合作進一步擴大消費。

(二) 搭配技術套組建立完整產業鏈

由於甘藷為無性繁殖作物，一旦感染病毒病，將隨後代種苗蔓延至全植株，影響塊根收量及品質，使產品失去商品價值。嘉義分所於民國70年左右即開始以莖頂組織培養進行甘藷健康種苗之培育試驗工作，並成功培養出優良之無病毒甘藷苗。目前台農57號的健康種苗生產技術已經技轉約8-9家的廠商，其中知名的「阿甘叔叔」也有技轉並生產販售健康種苗，目前仍在持續推廣中。

另外，為提昇甘藷收穫效率並節省勞動力，106年桃園區農業改良場研發

作　　者：林毓雯研究員
連絡電話：04-23317436

完成曳引機附掛甘藷去藤收穫一貫作業機，能一次完成甘藷收穫過程中之去藤及破畦挖藷工作，且經實地進行甘藷去藤收穫作業測試，作業效率為每小時0.2公頃，比人工收穫快60倍，甘藷皮完整率達99%，適用於台農57號的機械化採收作業。

(三) 契作栽培並與農會合作推廣

近年政府推動大糧倉計畫，推廣種植轉（契）作甘藷並設置集團產區，甘藷契作價格及種植面積穩定。此外，主產區多與農民團體或農企業主體配合以契作方式生產，因此栽培面積亦隨預估需求調整。目前台農57號已開放自由耕種，品種主要跟農會合作推廣，農會再透過如產銷班、合作社等介紹給適合種植的農友，例如與超商合作的瓜瓜園（全家超商）和阿甘叔叔（7-11超商），提供的總量中約有6至7成為自家農場生產，呈現甘藷的市場需求及產量皆穩定。

(四) 經濟價值外還極具環境效益

111年全國甘藷總產量為22.4萬公噸，其中大約50%為台農57號，約11.2萬公噸，產值超過10億元。台農57號依藷形大小區分，其中3成可提供給4大超商作為烤藷使用，其他5成則可製成加工食品，其餘作為飼料使用。除以不同的加工方式進行加值外，甘藷作為禽畜飼料用途可降低對進口玉米及大豆的依賴，有助於提升國內糧食安全。

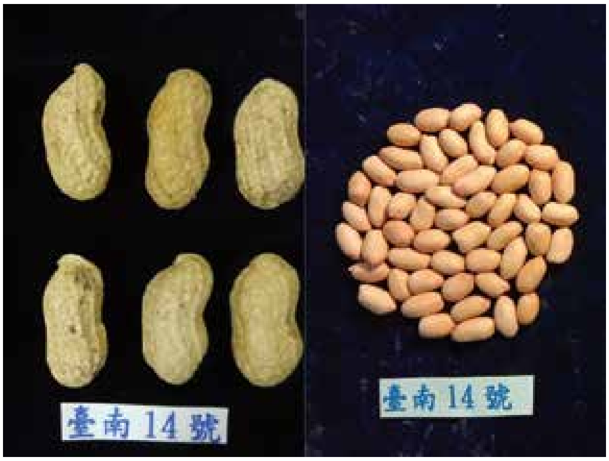
近年來由於健康飲食需求，國人對甘藷需求量逐年增加，而台農57號生育期短，於南部水稻二期後可進行秋季裡作，種植期間所需水量少、成本較低，因此許多農民選擇甘藷為裡作種植之作物，可有效增加收入。

三、落花生臺南14號 (圖二)

(一) 大粒飽滿產量高的優良性狀

「落花生臺南14號」由台南區農業改良場（簡稱台南場）於87年育成，是大莢大粒的品種，特色是花生仁飽滿扎

圖一、鮮食加工皆宜的經典品種「甘藷台農57號」。



圖二、大粒飽滿產量高的「落花生臺南14號」。

實、油分高、營養豐富。此品種開花結莢較為集中，容易脫莢的特色也讓此品種適合機械收穫；此外，葉部的抗病性較佳，屬於抗病品種，也因為花生仁外觀、品質及風味均佳，適合鮮食蒸煮，也多方使用在加工產品製作。臺南14號品種對銹病及其他病蟲害的抵抗力較強，肥料利用率較高，田間栽培管理上可以降低農藥及肥料使用量，加上生產穩定、風味足，深受加工市場及消費者喜愛，迄今仍為全台落花生的主力品種。

(二) 無償推廣市占迅速衝第一

落花生臺南14號在87年命名後，無償推廣給近3,000採種農戶使用，當時台南場曾舉辦觀摩會，向農友介紹此品種的開發歷程，以及抗病蟲害、容易栽培、產量穩定等特性。在農民試種之後，因為此品種產量豐、品質優良，訊息很自然地在農戶間迅速傳開，越來越多的農友投入種植，讓臺南14號在推廣的兩年後即取代落花生臺南11號，成為台灣主要的栽種品種，至今市占率維持在70%以上，產值達17億元。

四、毛豆高雄9號ー綠晶 (圖三)

(一) 耐病高產適合機器採收，超強外銷競爭力

「毛豆高雄9號－綠晶」是高雄區農業改良場（簡稱高雄場）於95年育成的品種，具有高產，鮮莢大，莢色綠特色，適合機械採收，籽粒含豐富異黃酮，食味口感佳。本品種改善了原本主流品種高雄5號在抗炭疽病的能力弱的問題，並解決台灣屬熱帶亞熱帶氣候，毛豆生育期較短的限制，大幅降低生產成本。台灣毛豆是極具競爭力的外銷型產業，目前高雄9號為冷凍毛豆產品外銷主力品種，佔全台灣毛豆種植面積約七成，每年為台灣賺進外滙約新台幣16.5億元，大幅提升毛豆產品在國際市場競爭力。

(二) 品種授權加工廠而非農民，境外還賣到日本

「毛豆高雄9號」的專利授權策略是農民種植不需要收費，因為毛豆出口主要利潤都在加工廠端；因此轉而和加工業者協調合作，收取境內非專屬授權金，目前已境內授權45件，全部都屬加工業者。此外，為配合農委會（現農業部）政策進行國外品種權註冊的測試，當初花了6年多的時間，於97年獲得日本

圖三、耐病高產適合機器採收的「毛豆高雄9號－綠晶」。

農林水產省公告審議，開啟台灣在日本申請植物品種權之的新頁。而在日本當地若無人管理，將難以舉證侵權問題，因此以專屬授權方式，授予日本雪印種苗株式會社，可在日本主張品種權及進行邊境管制，削弱中國及泰國的低價競爭，有效確保台灣毛豆產品在日本市場的競爭優勢。

(三) 栽培到機械化生產的一條龍生產作業

台灣毛豆的產業之所以能夠連續16年在日本市場維持冠軍，不只是因為有優良的品種，也因為有一整套從種植到採收的「毛豆大農場機械化生產技術」在配合。尤其是後端機械化的採收，能夠有效縮短採收到加工廠中間的運輸處理時間，相對加工出來的品質會比泰國和中國要來得更好。雖然每公斤的售價比中國要高25%，但是在日本的小包裝販售產品的市占率還是很高。目前高雄9號從種植到採收已經全面機械化，輔導農民向台糖租借土地，仿效歐美以農場大面積種植的耕作模式進行量產。除了種植與採收外，高雄場也積極開發適合毛豆高雄9號的後端加工技術，與台灣區冷凍蔬果公會的指標性龍頭企業合作，配合開發各類新式加工產品，例如近年即成功將次級的毛豆仁冷凍後製成毛豆粉。

五、結語

雜糧作物品種研發的成功要素，不僅在育成新品種的過程，更體現在這些新品種在市場上的影響和價值。甘藷台農57號在育種方面堅持以食味品質為主，從傳統的飼料用途轉向鮮食和食品加工用途，成功滿足了市場對高品質甘藷的需求；同時，其在健康種苗生產技術和機械化採收方面的創新，為甘藷種植業帶來了高效率和穩定的生產基礎，也提高了產值和經濟效益。而落花生臺南14號則以其大粒飽滿和抗病性為特點，成功取代了先前的主力品種，成為台灣主要的栽種品種，並且透過無償推廣和市場需求的契合，形成了市場的穩定和廣泛應用。至於毛豆高雄9號則以其優越的耐病性和機械化生產技術，成功在國際市場上競爭，並且透過授權加工廠和境外品種專利保護，維持了產品在國內外市場的競爭優勢。

這3個成功案例反映出台灣農業在面對市場需求時的靈活應變能力，以及在科技創新和產業協作方面的優勢。隨著全球經濟和環境變化，農業需要不斷適應新的挑戰和機遇。這些成功案例提供了相當寶貴的經驗，讓雜糧育種研發人員能更深入地了解雜糧育種的歷史發展情況，也能夠感受到農業科技和市場需求的強大驅動力，促使台灣雜糧產業持續茁壯發展，為農業經濟和糧食安全作出更大的貢獻。

六、致謝

本文訪談內容與資訊蒐整，經農業試驗所111、112年「農糧產業綱要科研策略規劃及成效管理計畫」經費支持。

番茄'台農2號(糖馨)'之育成

農試所作物組 康樂

一、前言

小果番茄由於方便食用、營養價值高，深受消費者喜愛。其中果實皮薄多汁、食味品質優良者，除售價水漲船高之外，更成為了逢年過節送禮之優良品項。

目前國內高品質小果番茄是以設施栽培之紅色長橢圓形'玉女'番茄為主，此品種標榜皮薄無皮渣感且果實糖度高，在拍賣及市場售價皆顯著高於其他商業品種，惟此品種對於高溫逆境相對敏感，若是栽培設施通風不良，在產季末期或突發高溫環境下容易在設施內積熱，常產生轉色不良及著果能力下降問題；加上全球氣候變遷整體氣溫逐年上升，預期高品質番茄之栽培生產將更為不易。

為增進我國高品質番茄的品種多樣性，以及改善設施高溫逆境對番茄生產之影響，選育適合設施栽培並具有高品質特性之小果番茄新品種，已然成為番茄育種的重要方向。本文就農業試驗所(簡稱本所)育成番茄'台農2號 (糖馨) '之過程及與其他商業品種之區分加以簡介。

二、育成經過

台農2號之親本選育，自民國104年開始，從本所蔬菜研究室蒐集之種原分離後代，經自交純化選育出數個具有高糖度果實、且在高溫環境下可自然著果之優良自交系。在107至108年間運用這些自交系，進行7個雜交組合初步測試，結果顯示代號10810之雜交組合在108年的春、秋兩期作中，果實糖度及產量皆表現優良；109年選用此組合，以自交世代更高之親本植株再次進行雜交，並以代號109123進行後續各項試驗。

110年至111年間，透過執行「提升輔助產業升級之耐逆境蔬菜選育技術」計畫，分別在台中、桃園及台東地區進行區域試驗及病害接種檢定，結果在110年的春作及秋作中表現穩定且優良，具有商業應用潛力，因此選定將此代號109123之雜交一代品系，在111年進行命名為番茄「台農2號」，商品名為「糖

作　　者：康樂助理研究員
連絡電話：04-23317133

馨」(圖一)並進行推廣應用。本品種之母本自交系則命名為番茄「台農1號」，並申請品種權保護。

三、品種比較試驗

為了比較台農2號與對照品種(台南24號)及主要商業品種(如玉女等)之表現差異，110年春作與秋作期間，在農業試驗所試驗溫室，依番茄品種性狀檢定相關規定，以介質養液滴灌栽培進行不同品種之性狀檢定及比較。

根據性狀檢定的結果，台農2號植株生長型態為非停心型，與對照品種(台南24號)及主要商業品種相同、下胚軸及莖具花青素、節間中等；葉片著生角度半直立、葉長短、葉寬窄；果實小、黃色、高球型、糖度高、硬度軟；花序型態為中間型。在調查的40項性狀中，有7項與對照品種有顯著差異，且本品種也具有一致性及穩定性，符合新品種之定義。

而根據果實及產量等重要園藝商業特性調查結果，台農2號相較於玉女番茄，其單果重較小、果實糖度略高，產量在較高溫之春作環境下表現較高、秋作涼冷期間則略低（表一及表二），此外，在較為高溫的栽培環境下，台農2號的轉色尚屬完整，由此顯示台農2號除了具有高糖度(可溶性固形物)的特性外，相較於玉女番茄更為耐熱(圖二)。唯番茄黃化捲葉病毒病接種檢定結果台農2號與玉女

圖一、番茄台農2號果實。

表一、110年春作果實及產量調查結果[x]

調查項目\品種	玉女	台農2號	台南24號
果重(g)	5.9	4.3	4.1
可溶性固形物(Brix)	6.39	7.70	7.09
果長(mm)	3.2	2.5	2.6
果寬(mm)	2.0	2.0	2.0
L*[y]	64.2	73.9	73.6
a*[y]	47.1	23.4	28.5
b*[y]	49.1	62.7	63.1
小區平均產量(公斤/小區)	8.6	13.3	3.5
單株平均產量(g/株)	864.5	1327.5	348.7

[x]110年4月13日定植，果實採收及調查至8月23日。

[y]國際照明委員會定義之CIELAB色彩空間，L*表示顏色的亮度（0為黑色而100為白色）；a*表示紅色及綠色之間的位置（負值為綠色而正值為紅色）；b*表示藍色及黃色之間的位置(負值為藍色而正值為黃色)。

皆為易感，高溫環境栽培仍需注意傳毒粉蝨之控制。

四、外觀及食味評價調查

因數值調查的結果，不能完全代表消費者之官能感受，為了客觀評價不同品種果實之品質，我們將許多不同品種番茄果實進行代號轉換，在試驗期間邀請不同民眾，在一次面對許多不同品種的情形下，自由選擇果實試吃，進行官能品評盲測，各別給予試吃品種在3個評價等級中(正面評價、中性評價及負面評價)，選擇1個綜合評價，經統計後，將總累積評價次數高者，推定為果實外觀具有吸引力，正面評價數佔比總評價次數高者，推定為果實食味優良。

結果在總評價次數較多之品種中，台農2號及玉女之正面評價占比明顯優於其他品種(表三及表四)，尤其是在春作期間，台農2號的表現更為突出，顯示本品種的外觀對於一般消費者確實具有吸引力，且食味品質高，不輸給玉女番茄。

圖二、高溫環境下果實轉色比較 (左:玉女、右:台農2號)。

表二、110年秋作果實及產量調查結果ˣ

調查項目\品種	玉女	台農1號	橙蜜香	台農2號	台南24號
果重(g)	8.5	7.3	9.7	7.1	8.5
可溶性固形物(Brix)	8.80	9.08	6.93	9.41	7.63
果長(mm)	3.3	2.6	3.3	2.7	2.8
果寬(mm)	2.3	2.4	2.5	2.3	2.4
L*[y]	57.9	73.7	68.4	73.5	77.0
a*[y]	57.3	21.0	39.2	25.0	20.3
b*[y]	42.3	65.6	62.3	65.4	69.2
小區平均產量(公斤/小區)	20.7	15.7	15.0	17.8	12.4
單株平均產量(g/株)	1724.0	1304.8	1251.8	1482.7	1039.2

[x]110年9月14日定植，果實採收及調查至111年2月8日。

[y]國際照明委員會定義之CIELAB色彩空間，L*表示顏色的亮度（0為黑色而100為白色）；a*表示紅色及綠色之間的位置（負值為綠色而正值為紅色）; b*表示藍色及黃色之間的位置(負值為藍色而正值為黃色)。

五、結語

番茄台農2號歷時8年完成選育流程，品種的推廣則是從113年開始，1個新品種若要成功在商業競爭中立足，首先需有足夠的種苗供應，同時在整個產業鏈中應提供足夠的多元價值。

目前台農2號已經完成技術授權，若種子公司採種順利並成功上市，有機會在113年度秋作期間開始供應種苗，提供有興趣的農民進行商業栽培。由於台農2號與目前主流品種之生長型態同為非停心型，栽培方式雷同，有利於與現行品種進行轉換或間作。此外，本品種在高溫環境下具備相對優良之自然著果及轉色能力，當環境氣溫上升時，可在溫室內生產相當產量之高品質果實，穩定農友的收益。

另一方面番茄台農2號果實食味優良，消費者喜好度高；加上果實外觀型態與目前主流商業品種差異大，具有明顯的區別性，除了在高品質小果番茄消費市場新增黃色品項外，也可以與玉女番茄混搭配色，進一步提升產品多元色彩。

期待台農2號的推廣如同育成過程一樣順利，並且在未來發揮本品種的潛力，在氣候變遷之下提供多元化的高品質番茄品項，持續提升我國番茄整體產業。

表三、110年春作外觀及食味評價調查結果

品種	正面評價次數	中性評價次數	負面評價次數	總評價次數	正面評價佔比
玉女	29	31	2	62	46.8%
阿蘭	1	21	38	60	1.7%
花蓮24號-友愛	7	38	7	52	13.5%
台南亞蔬19號	1	28	23	52	1.9%
台農2號	48	17	0	65	73.8%
台南24號	18	34	12	64	28.1%
種苗亞蔬22號	2	11	42	55	3.6%

表四、110年秋作外觀及食味評價調查

品種	正面評價次數	中性評價次數	負面評價次數	總評價次數	正面評價占比
金英	1	18	28	47	2.1%
玉女	30	22	3	55	54.5%
阿蘭	8	36	10	54	14.8%
台南亞蔬6號	6	23	17	46	13.0%
橙蜜香	7	24	23	54	13.0%
花蓮24號-友愛	10	24	13	47	21.3%
台南亞蔬19號	4	22	25	51	7.8%
台農2號	31	27	1	59	52.5%
台南24號	18	33	4	55	32.7%
台農1號	13	25	10	48	27.1%

設施小果番茄 高溫下生長障礙與調適策略

農試所轉譯中心 蔡璿如 吳錫家 高唯峻　農試所退休人員 張庚鵬

一、前言

近年來設施栽培已被應用於高經濟價值蔬果生產，藉由溫室的防護效果與精緻的管理技術，不但提供作物穩定的生長環境，同時也提升蔬果產品的品質與整齊度，因此利用設施生產具高經濟價值蔬果將成為未來產業的趨勢之一。

小果番茄是台灣主要的設施栽培蔬果品項，栽培面積推估已超過800公頃以上，平地小果番茄多於9~11月定植，隔年1~5月為產期高峰，隨著進入春季溫度提高，產量與品質逐漸降低。近年來氣候暖化，設施內普遍存在高溫蓄積問題，高溫容易造成小果番茄植株生育不良、開花結果率低、易落果及果實品質不佳等問題；同時設施內高濕環境，除了造成光合作用能力降低，亦容易引發病害以致產量減少，因此高溫下設施小果番茄生產具有相當大的挑戰。

二、小果番茄高溫下常見生理障礙

以台灣的設施小果番茄慣行栽培模式，農民常見由高溫所引起植株的生理障礙問題，可歸納說明如下：

（一）養分調控問題

設施內的高溫現象使得作物對氮的吸收與利用率提高，並導致如鐵、鉀及鈣等其他元素的潛在性缺乏。營養生長期間根系吸收大量氮肥後，植株快速生長，過多的氮肥容易造成葉片過大而薄(圖一)，植株軟弱、節間增長，側芽生長快且多，不僅栽種過程費工，最終果實品質亦低下，質地較硬、汁少且失去番茄風味。

其他常見的小果番茄營養障礙如缺鐵容易導致植株無法順利發根、生長停滯，新葉葉脈間黃化、葉片白化甚至出現壞疽斑點；潛在性缺鉀典型的症狀則為果實果肩維持黃色，果實無法完整轉色。

由於高溫下葉片氣孔關閉，植物蒸散作用顯著降低，使根系吸收水分與養分的能力下降，在果實發育期間，鈣、硼等元素難以隨著水分被運輸至果實，出現元素缺乏徵狀。缺鈣易造成俗

作　　者：蔡璿如助理研究員
連絡電話：04-23317757

稱「黑屁股」之尻腐病，初期於果實的底部產生黑(褐)色的小圓斑，隨後病斑可逐漸擴展至半個果實大，並且向內凹陷、變硬 (圖二)，失去商品價值。缺硼則會導致植株新葉生長停止，莖部彎曲呈現萎縮狀，果實靠近果蒂處表面出現木栓狀裂果。

（二）熱障礙問題

小果番茄適合生長之溫度約為20~25℃，近年高溫現象頻繁，白天設施內溫度常超過35℃以上，增加設施生產難度。高溫下小果番茄植株容易出現根系發育差、水分與養分吸收能力降低、生長停滯、葉片變小、枝條變細、葉肉出現紫色斑塊，且偶有間雜燒焦狀褐斑(圖三)、花器發育受阻，導致著果率差、產量下降。

（三）著果率不佳問題

番茄屬連續採收作物，當植株由營養生長期轉入生殖生長期，會持續一段期間內同時開花與結果，在日溫高於26℃及夜溫超過20℃的高溫環境條件之下，一般品系的番茄花粉數量及授粉能力皆會降低，30℃以上時花粉管的發育受阻，甚至造成落花，嚴重影響著果率，若設施內通風條件較差，整體著果率會更降低。

表一、農試所小果番茄介質養液配方參考濃度(張庚鵬，2023)

大量要素		微量要素	
項目	濃度(mg/kg)	項目	濃度(mg/kg)
$NH4^{+}$-N	60~30	Fe	5.6~11.2
$NO3^{-}$ -N	30~60	Mn	1.5
P	30	B	0.23
K	540~270	Zn	0.2
Ca	200~300	Cu	0.05
Mg	30	Mo	0.1

三、小果番茄高溫下栽培調適策略

為解決高溫下的生產問題，本所研發相關技術，整合栽培管理改善要點：

（一）養液調製技術

養液栽培透過管路精準給肥，可以參考農試所之小果番茄介質養液配方組成濃度 (表一) ，高溫下即時調整肥料配方，適度降低氮肥供給及提高鉀肥，鉀氮比可增加至8~10:1，配合適時補充適量之二價有效鐵，降低小果番茄常見之缺鈣 (尻腐病)、潛在性缺鉀 (果實無法紅熟)及氮素過多 (節間過長等)等營養上的困擾，即使在夏季的高溫設施內，常見的生理障礙問題仍可獲得大幅改善。

另外配合葉面施肥，以人工或微霧設備進行多次噴施，不僅營養元素吸收速率快速，並且操作方便，作為作物營養的補充。在番茄生長發育過程中，每7~10天葉面噴灑一次水溶鈣，連續噴灑2~3次，即有很好的補鈣效果，可即時矯正缺鈣引起的各種生理性病害，尤其番茄果實膨大成熟期是補鈣的關鍵時機，必須掌握。

（二）設施環控與微霧系統降溫技術

近年隨智慧農業發展，溫室結合智能化管理系統讓生產者可以依照作物不同生理需求調整栽培環境，結合手機等電子裝置進行設施環境監測與設備控

制，將設施內環境調整至作物生長較佳的條件。台灣夏季高溫容易引起設施內蓄熱，過度高溫將對作物生長帶來負面影響，策略性調整溫室天窗、內循環風扇提供適當的通風可防止高溫及高濕現象，促進氣體流動，降低高溫傷害。利用內、外遮陰網可減少太陽輻射，降低葉面溫度，減緩生長阻礙。適時運用微霧降溫系統高壓噴出水霧粒，細緻的水霧粒在高溫下能迅速蒸發帶走熱能，同時霧粒不會飄落附著於作物葉面引發病害。搭配內循環風扇增加水氣霧粒均勻擴散，提升降溫效率，再藉由開頂溫室之自然對流作用，能有效解緩夏季設施內的高溫問題，為一種節能簡便之溫室降溫設備。

（三）設施小果番茄授粉技術

設施內的小果番茄授粉可藉由震動、熊蜂或噴施番茄激素以保障授粉與提升著果。熊蜂授粉效率佳，一分地可擺放1~2蜂箱，於開花後置入，授粉期間使用之防治資材或藥劑須留意是否對熊蜂造成影響以致活動力下降；進口熊蜂授粉效率優於本土熊蜂，但須符合相關檢疫規定，行政程序上相對較為繁瑣。

圖一、氮肥過多使葉片大而薄。

圖二、缺鈣引起之尻腐病。

圖三、熱障礙之葉片紫斑現象。

番茄激素噴施部位為剛開花序上之花朵，見黃即可噴，不可噴及新梢，容易導致類似毒素病之黃化捲縮 (圖四)，另外同一花序不可噴2次以上之激素，夏季約4~5天施用1次，冬季6~7天施用1次。

圖四、授粉激素施用不當引起的新梢捲縮。

圖五、幼苗期架設遮陰網避免高溫直射。

（四）其他整合性管理要點

選擇耐熱的小果番茄品種，國內農業改良場與亞蔬世界蔬菜中心皆有育成耐熱且抗病品種，相對在較高溫環境下能順利著果、轉色，使產量穩定。

其他環境條件改善例如可透過儲水桶上方加設遮陰或外側包覆保溫層、植床上之滴灌管避免陽光直射，減少因養液溫度過高導致的植株生理障礙。此外幼苗期間可於植株上方架設遮陰網 (圖五)，避免植床高溫並且保護幼苗，待植株長大健壯後將莖蔓引導至攀爬網整枝。栽培管理方面土耕栽培採少量多次給水，避免於午間給水，留意低窪處是否累積熱水傷害根系，水分應以清晨供應為主。介質栽培可藉由大水量、低濃度養液，降低植床根系溫度，高溫時段須以高頻率供液。

四、結語

設施栽培小果番茄高溫常見之缺鈣、缺鉀及氮素過多等營養問題，可依生長期精準調控養液配方，配合熊蜂或使用番茄激素以提高番茄著果率，而設施環控設備適度的對應調整動作，能減緩環境的不利影響，大幅改善品質，在高溫期間延長小果番茄之採收期，克服高溫期間小果番茄的栽種困難。

五、參考文獻

張庚鵬。2023。作物濕式管理栽培技術。P54-56。

輸日芒果供果園用藥建議

農試所鳳山分所 賴信順

一、前言

芒果是台灣重要外銷水果之一，近年來日本已成為國內芒果外銷的重點國家。目前芒果外銷至日本前，需在國內先經蒸熱檢疫處理，且於蒸熱處理場抽樣檢驗農藥殘留。農藥殘留檢出量需符合日本規定，國內才會核發出口同意文件。為因應日本對於芒果所訂定之農藥殘留容許量，國內需建立相對應的用藥方式提供輸日芒果供果園的農民參考，以降低芒果外銷日本時農藥殘留量超標的風險。

本文比較國內與日本在芒果上農藥殘留的種類與容許量上的差異，並比對國內芒果上核准使用的農藥，以篩選出適合輸日芒果供果園使用的農藥種類。最後依照芒果生殖生長期與營養生長期，分別提供輸日芒果供果園在農藥使用上的建議。

二、國內與輸日芒果農藥殘留容許量的差異

依據中華民國112年11月10日所修正的農藥殘留容許量標準，國內在芒果上訂定90種農藥的殘留容許量。日本的食品農藥殘留標準則是於2024年2月2日搜尋日本食品化學研究振興財團所提供的日本厚生勞動省至2023年12月20日的資料 (http://db.ffcr.or.jp/front/)，日本在芒果上則訂定184種農藥的殘留容許量，但是芬瑞莫與脫克松的殘留容許量將分別於2024年2月與3月被刪除。比對兩份資料，在芒果上共有56種農藥是雙方同時訂有殘留容許量。其中18種農藥的殘留容許量是國內低於日本 (表一)，其次18種農藥的殘留容許量是日本與國內相同(表二)，其餘20種農藥的殘留容許量是日本低於國內 (表三)。

三、合適輸日芒果供果園可使用的農藥種類

查詢民國113年2月2日農藥資訊服務網 (https://pesticide.aphia.gov.tw/information/)，國內在芒果上核准使用的農藥，包括除草劑2種、生長調節劑2種、殺菌劑64種與殺蟲劑45種。以下將查詢所得資料與前述農藥殘留容許量相比對，以篩選出合適輸日芒果供果園使用的農藥種類。

作　　者：賴信順助理研究員
連絡電話：07-7310191#153

國內核准使用於芒果園的除草劑為嘉磷塞異丙胺鹽與固殺草兩種。比對表一與表二，國內固殺草殘留容許量低於日本，而嘉磷塞殘留容許量則與日本相同，因此輸日芒果供果園在雜草防治上可比照國內的核准使用方式使用。

國內核准使用於芒果上的生長調節劑有抑制枝條徒長的巴克素和果實催熟的益收生長素。比對表一與表三，國內益收生長素殘留容許量低於日本，但是日本巴克素殘留容許量訂為0.01 ppm，遠低於國內訂定的0.5 ppm，因此在輸日芒果供果園不建議使用巴克素。雖然國內益收生長素的殘留量低於日本，但是益收生長素的使用應審慎評估果實的成熟度，以免影響外銷芒果的果實品質。

表一、芒果國內農藥殘留容許量低於日本的農藥種類

農藥普通名稱	殘留容許量（ppm）		農藥分類
	日本	中華民國	
固殺草	0.1	0.05	除草劑
益收生長素	2	1	生長調節劑
福賽得	50	5	殺菌劑
依普同	10	2	殺菌劑
護汰寧	5	2	殺菌劑
依滅列	2	1	殺菌劑
撲克拉	2	1	殺菌劑
克熱淨	1	0.5	殺菌劑
邁克尼	1	0.5	殺菌劑
氟克殺	0.7	0.5	殺菌劑
芬殺松	5	1	殺蟲劑
納乃得	3	2	殺蟲劑
大滅松	1	0.5	殺蟲劑
益達胺	1	0.5	殺蟲劑
可尼丁	1	0.5	殺蟲劑
賜派芬	1	0.5	殺蟲劑
賽安勃	0.7	0.12	殺蟲劑
賜諾特	0.3	0.2	殺蟲劑

國內核准使用於芒果上的殺菌劑中，貝芬錳、護粒丹、芬瑞莫、鋅錳邁克尼與溴克座在國內已無商品流通，因此可使用的殺菌劑共59種。比對表一與表二，國內殺菌劑殘留容許量低於或等於日本共有27種。此27種殺菌劑在國內芒果上的核准使用方法合適用於輸日芒果供果園，相對應農藥資訊服務網的國內芒果防治病害種類，各種病害皆至少有1種殺菌劑可供防治使用(表四)。

國內核准使用於芒果上的殺蟲劑中，撲滅芬和矽護芬在國內已無商品流通，因此可使用的殺蟲劑共43種。比對表一與表二，國內殺蟲劑殘留容許量低於或等於日本共有23種。此23種殺蟲劑在國內芒果上的核准使用方法合適用

表二、芒果國內農藥殘留容許量與日本相同的農藥種類

農藥普通名稱	殘留容許量（ppm）	農藥分類
嘉磷塞	0.2	除草劑
二硫代胺基甲酸鹽類	2	殺菌劑
三氟敏	0.7	殺菌劑
貝芬替	2	殺菌劑
亞托敏	1	殺菌劑
滅特座	0.5	殺菌劑
賽普洛	1	殺菌劑
佈飛松	0.2	殺蟲劑
亞醌蟎	0.5	殺蟲劑
芬化利	1	殺蟲劑
益滅松	0.1	殺蟲劑
速殺氟	0.5	殺蟲劑
新殺蟎	2	殺蟲劑
達特南	1	殺蟲劑
賜派滅	0.3	殺蟲劑
賽洛寧	0.5	殺蟲劑
賽速安	0.2	殺蟲劑
賽滅淨	0.5	殺蟲劑

於輸日芒果供果園，相對應農藥資訊服務網的國內芒果防治蟲害種類，各種蟲害皆至少有1種殺蟲劑可供防治使用(表五)。

四、芒果不同時期的用藥建議

芒果整個生長期可分為營養生長期與生殖生長期，營養生長期為芒果採收後至催花前，生殖生長期為催花後至採收結束。雖然輸日芒果供果園在病蟲草害上皆有符合輸日芒果殘留農藥規範的防治藥劑可供使用(表四、表五)，但是相較國內在芒果上核准藥劑，缺少了部份作用機制的農藥可供輪用。因此為考量病蟲害的抗藥性管理，需要依芒果不同生長期安排不同作用機制的防治藥劑，以提昇病蟲害的防治效果。

表三、芒果國內農藥殘留容許量高於日本的農藥種類

農藥普通名稱	殘留容許量（ppm）		農藥分類
	日本	中華民國	
巴克素	0.01	0.5	生長調節劑
三泰芬	0.05	0.5	殺菌劑
三泰隆	0.05	0.5	殺菌劑
平克座	0.05	0.5	殺菌劑
百克敏	0.05	0.5	殺菌劑
克收欣	0.3	1	殺菌劑
快得寧	0.5	2	殺菌劑
待克利	0.07	0.5	殺菌劑
得克利	0.1	1	殺菌劑
腐絕	3	5	殺菌劑
布芬淨	0.9	1	殺蟲劑
克凡派	0.3	0.5	殺蟲劑
亞滅培	1	2	殺蟲劑
芬普寧	0.7	1	殺蟲劑
芬普蟎	0.4	0.5	殺蟲劑
得芬瑞	0.2	0.5	殺蟲劑
畢芬寧	0.3	1	殺蟲劑
滅賜克	0.05	0.1	殺蟲劑
賽滅寧	0.7	2	殺蟲劑
護賽寧	0.05	1	殺蟲劑

(一)生殖生長期

該時期建議全程使用符合輸日規範的農藥(表四、表五)，以降低殘留農藥超量的風險。為進行抗藥性管理，可細分不同階段選用不同作用機制的農藥。

催花後至開花前主要防治葉蟬類、小黃薊馬和腹鉤薊馬，以避免小型害蟲取食的傷口成為炭疽病病原菌的入侵點。此階段可選用新尼古丁類的農藥，兼具防治葉蟬類與薊馬類的效果。

抽穗後至謝花著果主要防治白粉病、炭疽病、螟蛾類、葉蟬類與薊馬類害蟲，以免影響果實品質與產量。蟲害防治藥劑可選擇同時防治薊馬類與螟蛾類的賽洛寧或克凡派，葉蟬類害蟲可選擇布芬淨進行防治。相對濕度高時容易發生白粉病，可選用免賴得或可濕性硫黃，而連續降雨容易傳播炭疽病，可選用三氟敏、依普同或鋅錳乃浦等藥劑。

著果後至套袋前主要防治細菌性黑斑病、炭疽病、螟蛾類、葉蟬類與小黃薊馬等，以避免影響果實商品價值。若是多雨的氣候容易導致炭疽病或細菌性黑斑病大發生。針對炭疽病可選用賽普護汰寧或撲克拉錳等藥劑，細菌性黑斑病可選用三元硫酸銅或氫氧化銅等藥劑，而枯草桿菌KHY8或貝萊斯芽孢桿菌BF則可同時防治炭疽病及細菌性黑斑病。蟲害防治則可選用賜諾特防治薊馬類與螟蛾類害蟲，以及選用達特南防治葉蟬類和薊馬類害蟲。

從套袋後至採收前，農民通常為避免殘留農藥的風險，便不再防治病蟲害。如此容易導致葉蟬類害蟲的數量快速上升，使得葉片受損，並可能增加炭疽病傳播。若遇到連續降雨，炭疽病菌可能隨雨水從果柄滲入套袋封口，導致果實感染炭疽病。因此套袋後應繼續葉蟬類的防治，可選用亞滅培或賽洛寧等藥劑，並且視氣候狀況選用賽普護汰寧防治炭疽病。

(二)營養生長期

該時期的病蟲害防治，可選擇國內在芒果上核准使用的藥劑。建議避開在生殖生長期所使用農藥的作用機制，以降低病蟲害抗藥性的產生。

芒果採收後的枝條修剪是清除病蟲害的重要工作。修剪下來的枝條建議移離園區，以避免病原菌透過風雨再回到後續萌發的新梢上面。修剪後建議噴施

表四、適合輸日芒果供果園在生殖生長期可使用的殺菌劑*

普通名稱	作用機制	安全採收期	白粉病	炭疽病	果疫病	疫病	蒂腐病	細菌性黑斑病
甲基多保淨	B1	6		●				
免賴得	B1	18	●					
貝芬撲克拉	B1/G1	6		●				
貝芬依滅列	B1/G1	6	●					
三氟敏	C3	18		●				
亞托敏	C3	12		●				
賽普護汰寧	D1/E2	9		●				
依普同	E3	12		●				
撲克拉錳	G1	6		●				
滅特座	G1	12		●				
無水硫酸銅	M1	6	●					
三元硫酸銅	M1	-			●			●
氫氧化銅	M1	-						●
可濕性硫黃	M2	-	●					
甲基鋅乃浦	M3	30		●				
免得爛	M3	21		●				
得恩地	M3	30		●				
鋅錳乃浦	M3	15		●				
錳乃浦	M3	30		●				
鋅錳邁克尼	M3/G1	18	●	●				
克熱淨(烷苯磺酸鹽)	M7	12		●				
純白鏈黴菌素	BM02	-				●		
枯草桿菌Y1336	BM02	-					●	
枯草桿菌KHY8	BM02	-		●				●
貝萊斯芽孢桿菌BF	BM02	-		●				●
液化澱粉芽孢桿菌YCMA1	BM02	-						●

*註：●表示建議選用。
相關資料整理自中華民國113年2月2日查詢農藥資訊服務網（https://pesticide.aphia.gov.tw/information/）所得。

廣效性農藥，以清除殘留於枝條中的病原菌與害蟲。殺蟲劑可選用納乃得或芬殺松，殺菌劑則可選用待克利或腐絕快得寧。

修剪完後至催花前至少會萌發2次梢，其健康情形是明年產量的關鍵之一。此時應注意癭蚋類或葉蟬類危害新梢，導致葉片嚴重受損甚至落葉。因此建議選擇加保利或第滅寧等殺蟲劑進行防治，以降低其危害。同時應注意炭疽病感染葉片和枝條，可能成為生殖生長期的感染源。建議選擇腈硫醌或嘉賜貝芬進行防治，以減少園區內的感染源。

五、結語

出口至不同國家的生鮮水果需符合該國的農藥殘留規定，因此應該針對不同國家的需求建立不同病蟲害管理方式。本文依芒果不同生長階段，針對主要病蟲害安排用藥方式，以提供輸日芒果供果園的農民參考。希望除了提升輸日芒果在殘留農藥上的合格率，也能兼顧病蟲害抗藥性管理。

表五、適合輸日芒果供果園在生殖生長期可使用的殺蟲劑*

普通名稱	作用機制	安全採收期	葉蟬	木蝨	薊馬	蛾類	癭蚋	蚜蟲	介殼蟲	果實蠅	葉蟎
納乃得	1A	9	●	●			●				
芬殺松	1B	12				●	●			●	
賽洛寧	3A	9	●		●	●					
益洛寧	3A/1B	12	●			●					
可尼丁	4A	6	●		●						
益達胺	4A	12	●	●	●						
達特南	4A	10	●		●		●		●		
賽速安	4A	6	●	●							
亞滅培	4A	6	●						●		
速殺氟	4C	14	●						●		
賜諾殺	5	3								●	
賜諾特	5	12			●						
克凡派	13	12			●						
布芬淨	16	15	●	●							
布芬益化利	16/3A	9	●								
亞醌蟎	20B	7									●
芬普蟎	21A	6									●
賜派芬	23	6									●
賜派滅	23	10							●		
賽安勃	28	21				●					
新殺蟎	un	21									●
礦物油	NC	-		●					●		

*註：●表示建議選用。

相關資料整理自中華民國113年2月2日查詢農藥資訊服務網（https://pesticide.aphia.gov.tw/information/）所得。

利用RothC模式進行土壤有機碳固存潛力時空變化分析-以濁水溪流域為例

農試所農化組 許健輝 顏淳阡 劉滄棽

一、前言

土壤為陸地上最大碳庫，2公尺深度的土壤有機碳(soil organic carbon, SOC)儲量約為2,400 Gt C (2.4兆噸)，約為大氣中碳量的3倍，生物碳量的4倍(Zamanian et al., 2021)。千分之四倡議提出每年增加土壤有機碳儲量0.4%，則能抵銷人為排放之二氧化碳，表示土壤有機碳儲量的微小變化足以對大氣中溫室氣體濃度產生巨大影響(Minasny et al., 2017)。土壤中碳儲量與碳損失之間的平衡影響土壤有機碳固存潛力(SOC sequestration potential)，氣溫、雨量、土壤排水能力及pH等皆會影響有機質分解速率，土壤中的團粒構造、細顆粒含量(如坋粒和黏粒)也會影響礦物與有機質之結合穩定性(Paustian et al., 2019)。

農地在土壤有機碳固存中扮演重要角色，農地土壤有機碳儲量可透過農業管理增加，但受到多種因素影響。瞭解不同氣候和管理方法下土壤有機碳固存潛力的程度、速率及控制因子，搭配時間與空間分析技術，有助於決策者和土地管理者進行農業規劃和評估，進而實現淨零與負碳排放目標(Tao et al., 2023)。雖然過去已對土壤有機碳儲量進行廣泛的調查和長期試驗研究，但對於土壤有機碳在時間-空間變化的探討有限，因此，本文將介紹如何利用RothC模式(土壤有機碳動態模式)搭配農業空間資料(氣候、植生指數、土壤性質等)，模擬不同土壤管理(以碳輸入之差異表示)情境下土壤有機碳時空變化之案例分析。

作　　者：許健輝副研究員
連絡電話：04-23317435

二、RothC(土壤有機碳動態)模式簡介

RothC模式最初是根據英國洛桑(Rothamsted)長期田間試驗開發，以模擬非浸水(non-waterlogged)情境下耕地表土中有機碳的轉化(turnover)，後來也延伸用於不同土壤類型、土地利用及氣候條件，現今更擴展至田間、區域及全球尺度(Francaviglia et al., 2012)。RothC模式以月份為時間單位，參考土壤類型、溫度、水分含量及植被覆蓋對土壤有機碳轉化的影響，著重於土壤的碳輸入(carbon inputs)，並將其分為4個活性部分

(active compartments)，包含可分解植物體(decomposable plant material, DPM)、抗性植物體(resistant plant material, RPM)、微生物體(microbial biomass, BIO)及腐植化有機物(humified organic matter, HUM)和非活性部分(inactive compartment)的惰性有機物(inert organic matter, IOM)。

土壤固碳必須增加以有機質型式儲存的碳，農業利用下，碳儲量消耗最為快速，以不改變土地利用(例如農地轉森林)，而是改變土壤管理措施，不僅可提升土壤健康與土壤品質，也不會產生對土地資源的競爭。因此，本文針對可進行土壤管理之土地利用進行探討，舊有之土壤管理情境(business as usual scenario, BAU)指目前在農地實施之土壤管理方法，代表特定生產系統中典型及普遍的方法；永續土壤管理情境(sustainable soil management scenario, SSM)指與BAU相比，能減少土壤有機碳損失並增加其累積之土壤管理方法，例如增加土壤碳輸入及提高土壤有機質含量之方式(殘留物返回土壤、使用覆蓋作物或輪作等方法)(Peralta et al., 2022)。

三、濁水溪流域案例分析

利用R運行空間化RothC模式計算土壤有機碳儲量及每年有機碳輸入，接著將其應用於計算2021-2040年不同碳輸入下的土壤有機碳固存潛力。分析範圍為臺灣中部的濁水溪流域，根據全球土壤有機碳固存潛力圖(GSOCseq)技術手冊(Peralta et al., 2022)，其估算土壤有機碳固存之重點放在農地(不包含森林地)，使用RothC模式概念進行三階段之運行，包含Spin up、Warm up及Forward，輸入資料包含氣候、土壤、土地利用、植被覆蓋及碳輸入，解析度設定為100公尺。相對於BAU，3種SSM土壤管理情境為碳輸入分別增加5% (SSM1)、10% (SSM2)及20% (SSM3)，整體模擬流程如圖一。

圖一、利用R運行空間化RothC模式模擬SOC儲量之流程。

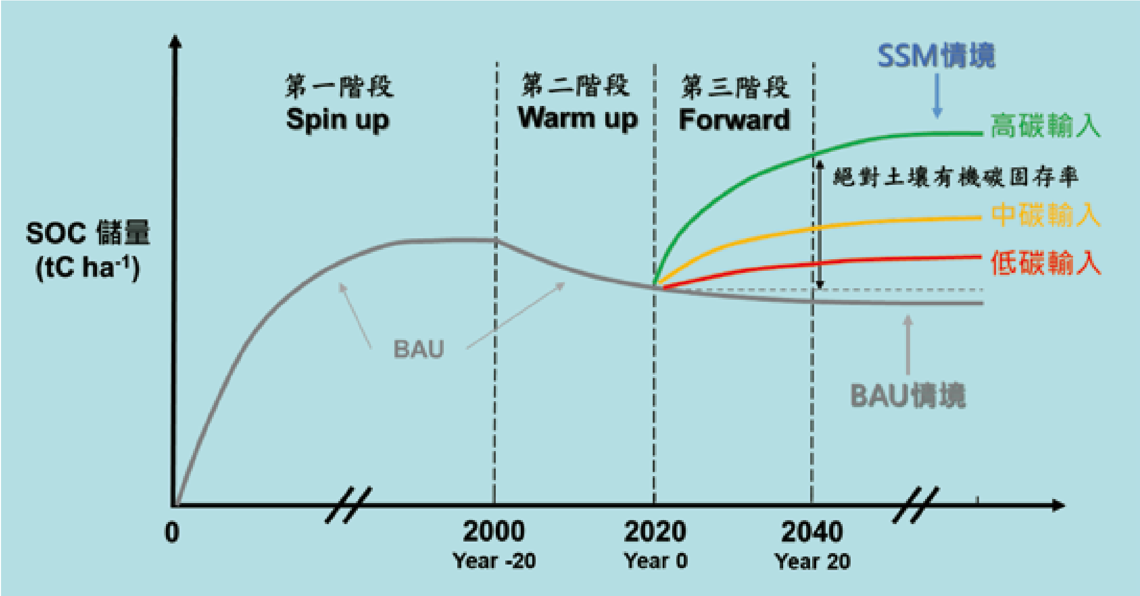
A. 圖資收集

1. 氣候(月平均溫度、降水量及潛在蒸發散量)：從Google Earth Engine下載TerraClimate資料集之1981-2020年解析度1000公尺之衛星資料。
2. 土壤：農業試驗所土壤調查分析資料並面化而成解析度100公尺之0-30公分表土總土壤有機碳儲量(t C ha^{-1})及黏粒含量(%)圖資。
3. 土地利用：2015年解析度100公尺之土壤覆蓋調查資料，將土地利用分為旱作、水田、果樹、森林及其他。
4. 植被覆蓋：從Google Earth Engine下載Sentinel 2資料集之2018-2023年解析度100公尺之衛星資料，以計算常態化差異植生指標(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)。
5. 碳輸入：氣候資料中1981-2000年溫度及降雨資料，運用MIAMI模型計算淨初級生產量(Net Primary Production, NPP)，以根據NPP進行碳輸入之調整。MIAMI模型為將全球NPP資料與長期溫度及降雨資料進行迴歸得出之函數，其需要之輸入資料簡單，且已應用於大範圍區域(Gottschalk et al., 2012)。

B. 模式運算

所有輸入圖層皆準備好、處理並堆疊後，即可運行以下3個建模階段，每個階段輸出之向量點資料將用作下個階段的輸入資料，最後將輸出之向量點資料轉換成柵格檔案以建立碳固存圖。

1. Spin up (0-2000年)：模擬時長為2000年，輸入資料包含濁水溪流域範圍之shapefile、SOC儲量、黏粒含量、1981-2000年氣候資料、土地利用、植被覆蓋，最後產出2000年之SOC儲量、碳輸入及各碳庫(DPM、RPM、

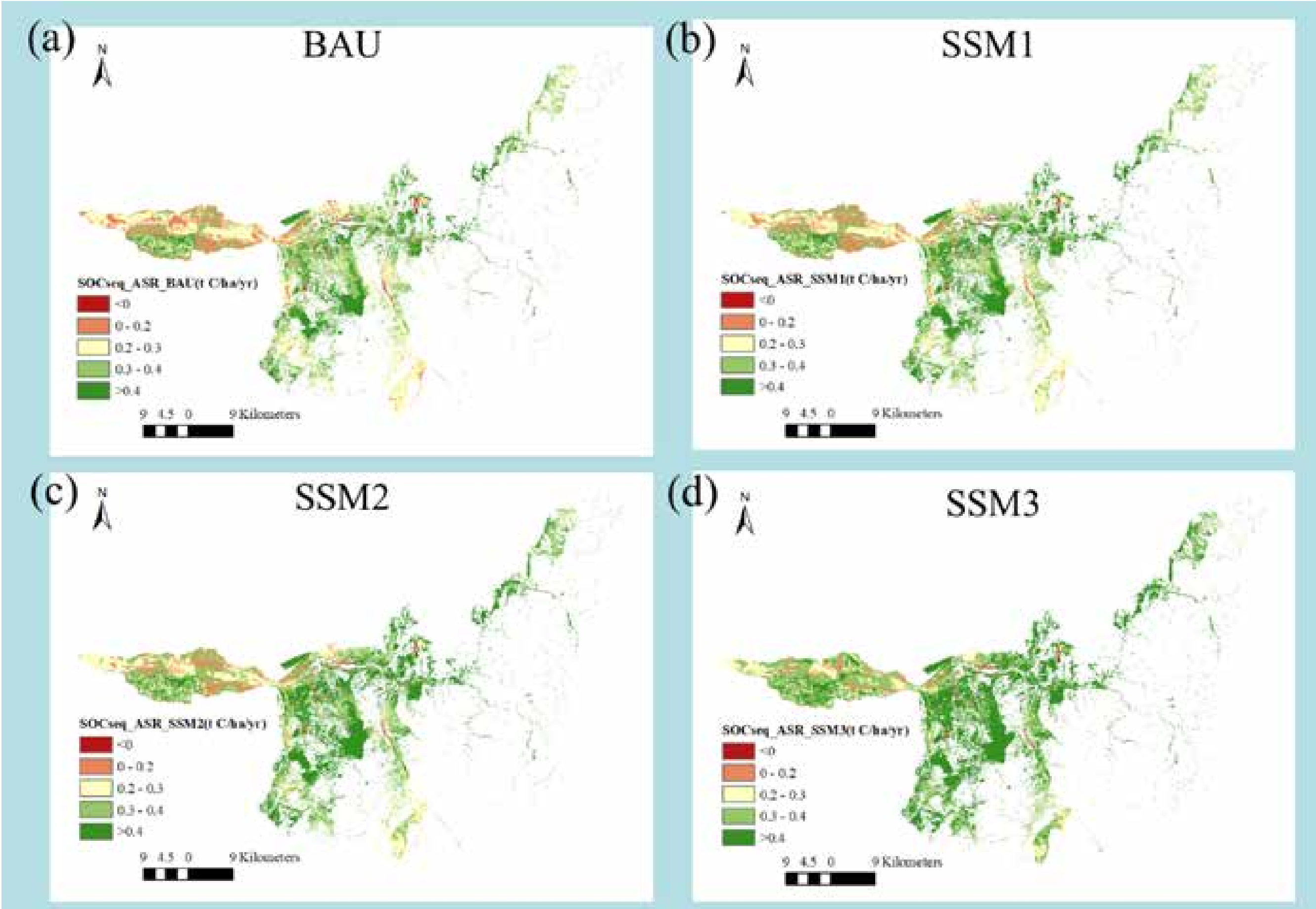


圖二、利用R運行空間化RothC模式模擬三階段過程SOC儲量示意圖。

BIO、HUM及IOM)碳儲量，此階段目的為藉由運行至平衡確定初始值以利後續運算。

2. Warm up (2001-2020年)：模擬時長為20年，輸入資料除了包含Spin up之輸出資料，其他皆與Spin up階段大致相同，不同之處為氣候資料年度自2001-2020年，及增加輸入NPP資料，最後產出2020年之SOC儲量、碳輸入及各碳庫碳儲量，此階段為利用Spin up階段得出之2000年SOC儲量及初始碳輸入，並利用NPP之變化以進行SOC儲量之調整。

3. Forward (2021-2040年)：模擬時長為20年，輸入資料除了包含Warm up之輸出資料，其他皆與Warm up階段大致相同，不同之處為運算時增加3種SSM情境碳輸入，最後產出2040年之BAU及三種SSM情境之SOC儲量、碳輸入及各碳庫碳儲量 (圖二)。



圖三、絕對土壤有機碳固存率(absolute SOC sequestration rates, SOCseq_ASR) (t C ha^{-1} yr^{-1})，相對於2020年，2021年至2040年BAU和SSM下絕對SOC固存潛力的空間分布，(a)舊有之土壤管理 (business as usual scenario, BAU)；(b)永續土壤管理(sustainable soil management scenario, SSM)，SSM1：碳輸入增加5%；(c) SSM2：碳輸入增加10%；(d) SSM3：碳輸入增加20%。

模擬結果顯示，不同碳輸入情境下，在模型Spin up階段模擬2000年平衡時之年碳輸入為1.77-2.66 t C ha^{-1} yr^{-1}，平均為2.23 t C ha^{-1} yr^{-1}，2021-2040年相對於2020年之土壤有機碳固存潛力BAU、SSM1、SSM2及SSM3分別平均為0.30、0.33、0.36及0.41 t C ha^{-1} yr^{-1}，隨著模擬之碳輸入越高，碳固存潛力越大 (圖三)。由試驗區結果顯示，濁水溪流域上游相較於下游有更大之碳固存潛力，在BAU情境下濁水溪流域農牧用地中彰化二水鄉、大城鄉、雲林麥寮鄉、莿桐鄉及南投集集鎮之碳固存潛力較低 (0.22-0.23 t C ha^{-1} yr^{-1})，而南投竹山鎮、名間鄉、仁愛鄉、鹿谷鄉、魚池鄉及嘉義竹崎鄉之碳固存潛力較高(0.23-0.35 t C ha^{-1} yr^{-1})。此外，模擬結果也顯示，不同土地利用下有相異之土壤有機碳固存潛力，並且在相同土地利用下之土壤有機碳固存潛力隨土壤黏粒含量增加而提升。本研究結果提供土壤有機碳固存潛力空間分布資訊，可作為負碳農耕執行區位規劃之參考。

四、方法限制

以下為本文使用的方法限制與未來可改善之處(Stockmann et al., 2013；Peralta et al., 2022)。

1. 其他模型：可嘗試比較不同土壤有機碳動態模型(CENTURY或CANDY等)之估計結果，或使用多模型整合方法，使模擬更符合實際情況。
2. 經驗參數：參數大多來自溫帶地區實驗結果，熱帶地區與溫帶地區之差異性可能導致參數的不同，並影響估計結果之準確性及模型在不同地區之適用性。
3. 土壤性質：本研究方法只利用黏粒含量作為土壤性質參數，但多種土壤性質(土壤陽離子含量或土壤pH等)可能也是影響土壤有機碳轉化之關鍵因子。
4. 水田預測：最初RothC模式之開發為用於非浸水土壤之有機碳轉化，因此可嘗試進一步優化水稻等特定作物情況下之參數設定，使估計結果更準確。
5. 深層土壤：雖然本研究著重於對土地利用變化較敏感之表層土壤SOC，但也不可忽視深層土壤有機碳固存潛力。
6. 氣候變化：未來之氣候變遷與全球暖化可能影響土壤有機碳動態，因此除了本研究運用過去監測之氣候資料，也可思考其他氣候資料之可能性。

五、結論與展望

瞭解土壤功能有助於維持和提高農業生產力以滿足未來之糧食需求，而全球農業土壤退化的情況必須有所改善，因此，了解土壤有機碳穩定過程、土壤生物及非生物對其之影響將有助於發展土壤有機碳時間-空間動態預測模型，本文案例分析嘗試結合氣候與土壤等農業空間資料，運用空間化RothC土壤有機碳

動態模式模擬區域尺度下，不同土地利用類型在不同碳輸入下之有機碳時空變化，進而估算該區域土壤有機碳固存潛力。未來可進一步將模擬區域擴大至全臺，納入國內不同土壤管理之碳輸入係數，並將模擬時間延長至2050年或2100年，比較不同氣候變遷情境之土壤有機碳固存潛力，作為農業部門評估2050年是否能夠達到淨零排放之重要參考依據。

六、參考文獻

Francaviglia, R., Coleman, K., Whitmore, A. P., Doro, L., Urracci, G., Rubino, M., & Ledda, L. (2012). Changes in soil organic carbon and climate change–Application of the RothC model in agro-silvo-pastoral Mediterranean systems. Agricultural Systems, 112, 48-54.

Gottschalk, P., Smith, J. U., Wattenbach, M., Bellarby, J., Stehfest, E., Arnell, N., ... & Smith, P. (2012). How will organic carbon stocks in mineral soils evolve under future climate? Global projections using RothC for a range of climate change scen arios. Biogeosciences, 9(8), 3151-3171.

Minasny, B., Malone, B. P., McBratney, A. B., Angers, D. A., Arrouays, D., Chambers, A., ... & Winowiecki, L. (2017). Soil carbon 4 per mille. Geoderma, 292, 59-86.

Paustian, K., Collier, S., Baldock, J., Burgess, R., Creque, J., DeLonge, M., ... & Jahn, M. (2019). Quantifying carbon for agricultural soil management: from the current status toward a global soil information system. Carbon Management, 10(6), 567-587.

Peralta, G., Di Paolo, L., Luotto, I., Omuto, C., Mainka, M., Viatkin, K., & Yigini, Y. (2022). Global soil organic carbon sequestration potential map (GSOCseq v1. 1)–Technical manual. Food & Agriculture Org.

Stockmann, U., Adams, M. A., Crawford, J. W., Field, D. J., Henakaarchchi, N., Jenkins, M., ... & Zimmermann, M. (2013). The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon. Agriculture, Ecosystems & Environment, 164, 80-99.

Tao, F., Palosuo, T., Lehtonen, A., Heikkinen, J., & Mäkipää, R. (2023). Soil organic carbon sequestration potential for croplands in Finland over 2021–2040 under the interactive impacts of climate change and agricultural management. Agricultural Systems, 209, 103671.

Zamanian, K., Zhou, J., & Kuzyakov, Y. (2021). Soil carbonates: The unaccounted, irrecoverable carbon source. Geoderma, 384, 114817.

農村水圳應用水輪式微水力發電機初探

農試所農工組 曾祥恩 蘇文瑞 楊智凱

一、前言

全球對清潔能源的需求持續上升，利用農村水圳或水渠的水力資源進行發電，正受到廣泛關注。隨著技術的不斷發展，農村水圳微水力發電已成為熱門的潔淨能源選擇。與傳統大型水力發電相比，微水力發電較為彈性，能夠輕易地安裝於小型水圳，發揮其發電效益。台灣電力公司將發電裝置容量100 kW以下從小水力發電區分出來稱為「微水力」發電，在不影響圳路灌排功能及農民灌溉用水前提下，微水力發電系統發電效率相較傳統大型水力發電系統低，但具有較低設置資金門檻、所需土地面積小與工程需時短等優點，而且不大幅改變河川內自然生態環境，對於河川洄游魚類和水生生物較為友善，目前國內微水力發電系統要達到高效率運轉仍需進行相關研究的突破，方能符合經濟效益。我國目前積極推動能源轉型，擴大再生能源系統多元化發展，以提升綠能科技發展，達成節能減碳目的，提出2025年再生能源發電量占比達到20%目標，能源局在這個部分已規劃出包含太陽能光電、風力、生質能、地熱與水力發電等系統之發展方案，其中水力發電在2025年發電目標為2,150 MW，其中小水力發電目標為40 MW，以期發展出充足且穩定之電力供應。本研究設計的水輪式微水力發電儲能設備採用水輪式弧形葉片作為發電載體，結合永磁式發電機與儲能控制系統，可有效提高發電效率。通過機組的設計、安裝和測試，證明具有良好的發電性能，可有效支持農業用電需求，並為農業的可持續發展提供助力。

作　　者：曾祥恩助理研究員
連絡電話：04-23317705

二、台灣農村水圳簡介

台灣地區平均年總降雨量為905億m^3，其中農業年需水量154億m^3，遠高於民生用水24億m^3與工業用水17億m^3。長久以來龐大的水圳系統支持農業水資源需求，根據農田水利署統計，其轄管水路約6萬7,000條、總長約6,700萬公尺，灌區面積達37萬公頃，密布的農田水利設施是建造微水力發電的良好場域(圖一)。微水力發電的優勢是其對環境的影

響較小，不會破壞生態環境，同時也不會產生大量的廢水或者廢氣。此外，微水力發電裝置體積較小，易於安裝在農村水圳上，且維護成本也較低。微水力發電屬於分散式發電，對於能源短缺遠離電網的農村地區，可以提供電力供應穩定性和備援性，減少停電發生機會，亦可減少長距離輸電上的線路損失。本研究設計一水輪式微水力發電儲能設備於農田灌溉水圳之架設進行發電效果試驗，並探討其發電效益，以作為後續農村水圳微水力發電之發展參考。

三、水輪式微水力發電儲能設備材料與系統架構

於本所後方77號與79號水稻田旁阿罩霧水圳架設一組水輪式微水力發電儲能設備，使用60×60mm長度3m的鍍鋅方管，作為支撐水輪式微水力發電儲能設備重量的支撐結構，並能抵抗水流衝擊水輪葉片動能，並確保水輪式微水力發電儲能設備穩定固定在水圳中(圖二)。發電設備為配合水圳不同時期水位高度並設計有手動旋轉升降機構，使發電設備可具備最

圖一、農業部農田水利署彰化管理處所轄南投縣名間鄉同源圳1k+430m處。

圖二、本所後方水稻試驗田區旁水圳設置水輪式微水力發電儲能設備。

大25 cm升降功能，水輪式微水力發電儲能設備規格如表一及相關建置成本如表二所示。水輪式微水力發電儲能設備利用灌溉水稻田水圳本身水的流速推動水輪式弧形葉片，應用其旋轉動力驅動水輪軸，再帶動齒輪機構，最後推動永磁式發電機產生交流電力，並透過充電控制器將電能充入電池將電能儲存，再供應給LED照明使用，相關設備架構如圖三及圖四。

四、討論

水輪式微水力發電儲能設備試驗結果根據，在水流流速為1.45 m/s、水面寬度110公分、水深約17±3公分、水溫攝氏27±1度等條件下，水輪式弧形葉片的轉速約30-32rpm，平均發電功率約為10 W/h。

根據試驗結果，綜整如下。

1. 發電試驗：在發電試驗期間，觀察到阿罩霧水圳水位高低變化具不穩定性，主要可能因上游使用端取水較多，亦造成水位下降至水輪葉片以下而無法發電，亦有上游降雨造成水位迅速上升情形。為因應這些變化，本研究設計一可手動旋轉之升降機構，以確保水流在任何水位情況下都能夠保持對水輪式弧形葉片最佳化衝擊。此外，採用水輪式弧形葉片結合永磁式發電機，可在低轉速下高效率發電，即使水流流速僅為1.45m/s的情況下，平均發電功率仍可達到10 W/h。

2. 供電試驗：考慮到農村及偏遠地區交通不便的因素，本研究將水輪式微水力發電儲能設備進行小型化設計以便於搬運、架設和安裝。水輪式微水力發電儲能設備具有DC12V/300W的發電能力和DC12V/15Ah的儲

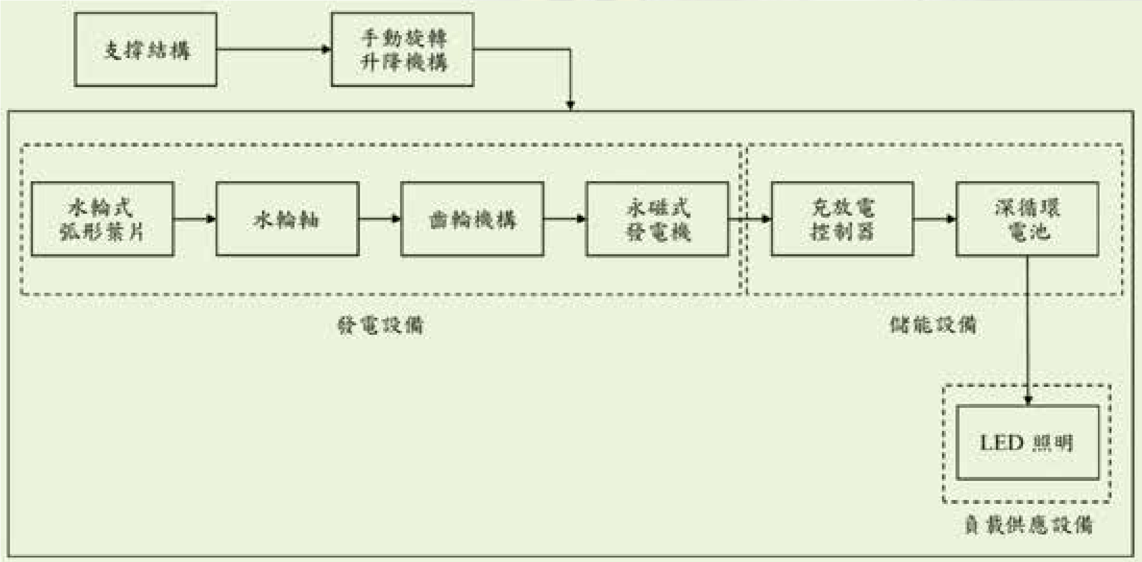
表一、水輪式微水力發電儲能設備規格

設備	規格
支撐結構	60×60mm長度3 m的鍍鋅方管
手動旋轉升降機構	SWL1T螺杆直徑23 mm升降機構
發電設備	8個高硬度塑膠葉面尺寸32×12 cm水輪式弧形葉片 直徑30mm長度0.6m水輪軸 齒輪比1:8齒輪機構 DC12V /300W永磁式發電機
儲能設備	DC12V/300W充電控制器 DC12V/15Ah深循環電池
負載供應設備	LED燈DC12V/10W

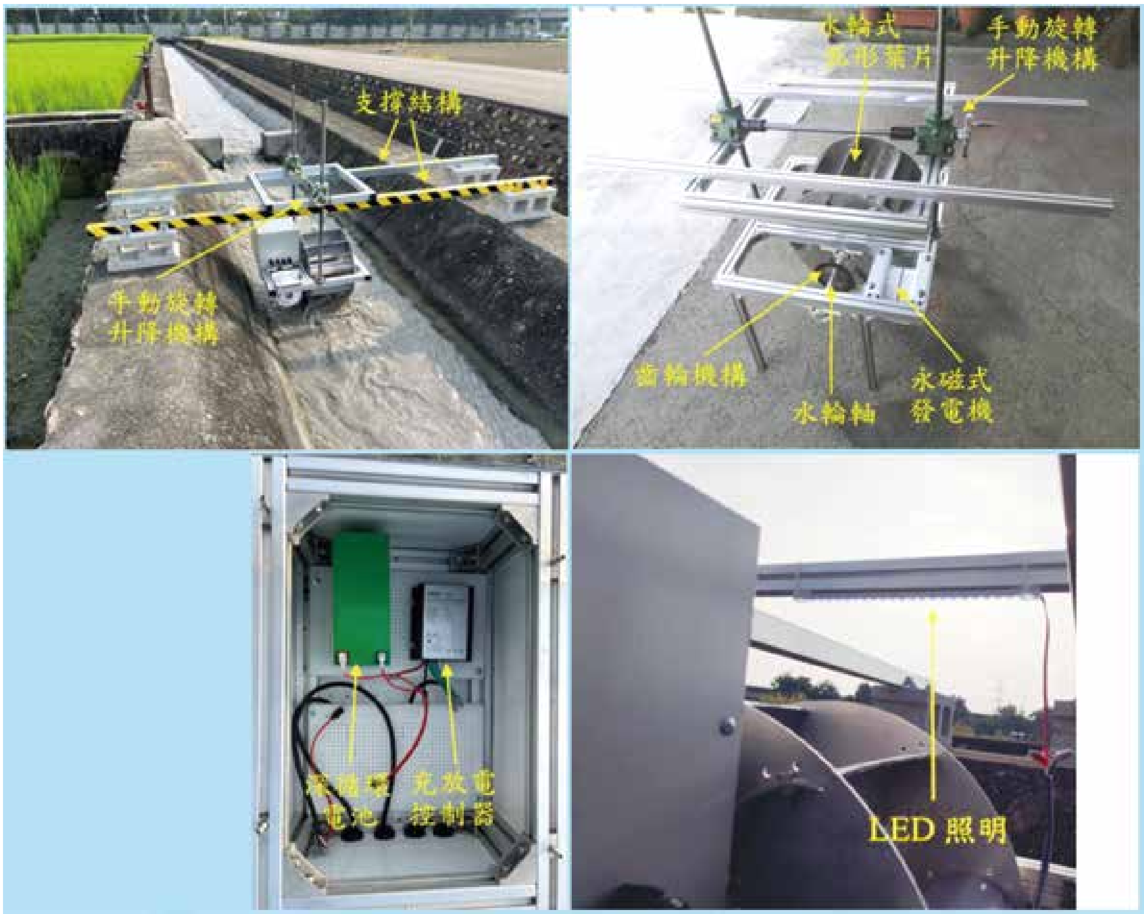
表二、水輪式微水力發電儲能設備價格

設備	數量(組)	單價(新台幣/元)	總價(新台幣/元)
支撐結構	1	1,100	1,100
手動旋轉升降機構	1	5,200	5,200
發電設備	1	9,220	9,220
儲能設備	1	2,750	2,750
負載供應設備	1	180	180
總成本			18,450

備註：費用不含安裝與組裝成本。



圖三、水輪式微水力發電儲能設備架構。



圖四、水輪式微水力發電儲能設備架構實體。

電容量。在豐水期，發電量充足，足以支持DC12V/10W LED燈的全天照明。而在枯水期，即使發電量不足，儲能設備也能提供DC12V/10W LED燈長達18小時的照明。

五、結論

為解決台灣農村地區的電力缺乏問題，本研究以農村水圳為重點，設計了一款體積小型化、易於安裝且低成本的水輪式微水力發電儲能設備，旨在提供農村及偏遠地區所需的電力，同時也期望提高農民對微水力發電設置的興趣與意願。試驗結果顯示，本研究的水輪式微水力發電儲能設備適用於水圳水位高低變化具不穩定性的地區。即使在水流較小的情況下，也能夠低轉速實現高效率發電，在豐水期提供LED燈全日照明使用，而在枯水期則能通過儲能設備維持LED燈18小時照明，滿足夜間使用的需求。本研究的水輪式微水力發電儲能設備，其良好的應用前景為農村地區提供可靠的電力供應，同時有助於減少碳排放，為農村創造更具永續性的環境和未來 。

六、參考文獻

王允成。2005。小水力發電系統動態分析。碩士論文。高雄：國立高雄應用科技大學電機工程系碩士班。

吳政憲。2015。台灣小水力發電可行性評估方法。機械技師學刊; 8卷4期:P22-34。

周叵峰、陳豐文、陳獻、王醴、柯海生、簡傳彬、簡文煥、黃雲和、賴國興、張順年。2010。99年度農田灌溉水路再生能源普查及潛勢分析評估。

施啟祥。2020。小水力發電結合LED照明應用。碩士論文。南投：國立暨南國際大學。

陳翰升。2022。應用地理資訊系統評估集水區內小型水力發電最佳場址。碩士論文。台北：國立台灣大學。

黃本源、陳文泓。2020。台灣小型水力發電之開發。技師期刊；88期:P17-21。

劉全楞。2016。小水力機組施工監造及檢驗試驗。出國報告資訊網。

黎潤林。2011。小水力發電之生命週期評估。碩士論文。台北：國立台北大學自然資源與環境管理研究所。

陳正隆。2013。小型水力發電機之研製。碩士論文，台南：國立成功大學工程科學系碩士班。

盧欣玫。2006。風能-小水力混合式同步發電系統動態分析。碩士論文。高雄：國立高雄應用科技大學電機工程系碩士班。

草莓溫室採用數據驅動決策生產安全果實

本所113年2月22日新聞稿

農試所轉譯中心 李裕娟 吳錫家

農業部農業試驗所於本(113)年2月22日上午10時在該所舉辦「應用數據驅動決策於設施草莓安全果實之穩定生產觀摩會」，以草莓健康種苗為生產基礎，展示透過物聯網(IoT)結合人工智慧(AI)技術並導入栽培管理專家經驗，進行設施環境調控及系統數據蒐集，轉化為生產數據驅動之決策，在害蟲族群大爆發前，即精準釋放天敵以替代化學農藥，從而達到生產安全草莓的目標。

農試所說明，設施草莓栽培的生產模式屬於高成本投入，該所於112年10月初，即定植草莓健康種苗，蒐集栽培於溫室內的台農1號、香水和桃園1號草莓生長過程的重要環境參數，如溫度、濕度、日照量、生殖生長與害蟲發生時期、種類及族群密度等，配合溫室草莓栽培管理專家的經驗，適時運用如油劑等友善資材，來預防害蟲族群。另外，利用黏蟲紙影像建立AI模型(YOLO)辨別與計數薊馬數量，透過IoT將黏蟲紙影像回傳分析，以達到即時判斷害蟲危害風險。

圖一、草莓台農1號在對照溫室下的產果情形(蟲害密度略高)。

圖二、草莓台農1號在應用數據驅動決策溫室設施下的產果情形(蟲害密度較低)。

該所進一步說明，草莓是台灣的重要經濟作物之一，每年產值逾18億元，種植面積達500公頃，其中90%的生產面積位於苗栗縣，鮮果平均產值為每0.1公頃15萬至18萬元，觀光採果園更可達每0.1公頃30萬元，是一個高經濟價值的產業。農業部動植物防疫檢疫署為防止草莓的病害及提升種苗品質，於107年8月公告「草莓種苗病害驗證作業須知」，明確規範三級草莓種苗繁殖場之設施環境需求及病害檢測項目與標準，先行排除種苗帶菌之問題。該所展示的這項研究成果以智慧農業科技解決草莓害蟲的發生，將有助於建立設施草莓安全果實的栽培和穩定生產體系，進一步確保農民的收益。

作　　者：李裕娟副研究員
連絡電話：04-23317751

賀

農業試驗所榮獲

資料提供：人事室 產服中心

農業部112年度績效評核-試驗機構及中心組第1名殊榮！

本所參加農業部所屬機關112年度績效評核，經全體研究與行政人員兢兢業業戮力合作共同努力，本所在研究產能的創新度、挑戰度、複雜度及重要政策連結度等構面均獲得農業部肯定，達成五大績效目標，本項榮耀由林學詩所長帶領人事室主任及產服中心主任於113年2月22日前往農業部參加頒獎典禮。

本所112年亮點績效包括：

- 亮點1：整合農水環境生產資訊、穩定生產基礎及布建防減災網絡，建構作物調適作為，提升農產業韌性。
- 亮點2：運用先進科技，精進重要農業影像基盤資料，持續發展安全農法，建構永續農業環境。
- 亮點3：全面啟動農業淨零科研作為，建構碳匯資訊、研發減排增匯技術及持續發展循環農業，接軌國際淨零趨勢。
- 亮點4：提供產業科研解方，落實農業科研成果商品化及產業化，完善農產業價值鏈。
- 亮點5：拓展國際視野與強化外銷量能，結合產業輔導，深化國際競爭優勢。

▲農業部陳駿季代理部長(右)與農試所林學詩所長(左)合影並頒發第一名獎座。

▲農業部陳駿季代理部長(右三)、陳添壽政務次長(左一)、杜文珍常務次長(右一)與試驗機構及中心組獲獎機關首長共同合影。

技術服務季刊
學術典藏

GPN：2007900008
定價：NT$50